

УДК 615.847.8

О.А. Малий, студент гр. ПБ-392мп, М.Ф. Терещенко к.т.н., доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МАГНІТОТЕРАПІЇ В ТРАНСДЕРМАЛЬНІЙ ДОСТАВЦІ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ РЕЧОВИН

Анотація. Автоматизована система магнітотерапії (АСМ), часто використовує дію магнітного поля на біологічні тканини (БТ), як з лікувальною метою для покращення метаболізму в зоні дії магнітного поля, так з ціллю стимуляційного впливу на БТ для проникнення фармацевтичних речовин (ФР) в середину біологічну тканину. Досліджена отримана математична модель і встановлено теоретична залежність проникнення різних ФР від параметрів діючого магнітного поля та часу проникнення лікарського засобу через шари біологічної тканини. Мета дослідження – розвиток неінвазивного методу введення лікарських засобів та порівняння результатів експерименту і обрахунку залежностей глибини проникнення і часу дії магнітного поля.

Ключові слова: магнітне поле, фармацевтичних речовин, трансдермальна доставка.

ВСТУП

На організм людини багато природних факторів має вагомий вплив. Магнітне поле – не є винятком. Під його впливом ми можемо спостерігати такі явища як: стимуляція параметрів кровообігу людини, розширення розмірів судин, зміна діапазону швидкостей протікання біохімічних та біофізичних реакцій. [1] Магнітотерапія за своєю природою майже не має протипоказання. В якості діючого фактору використовуються постійні та змінні магнітні поля. [2] Джерелами магнітного поля виступають постійні магніти з високо коерцитивних матеріалів так і індуктори з котушками індуктивності. [3] Магнітотерапевтичні апарати (МТА) використовують і постійні магніти і індуктори з котушками. [4] Найбільш універсальні МТА використовують автоматизовані системи відтворення високоточного магнітного поля в індукторах та систему зворотного зв'язку під час дії поля на біологічну тканину. [5]

В наш час магнітотерапію широко застосовують для посилення ефекту проникності **фармацевтичних речовин** в біологічні тканини людини та клітинні мембран - магнітофорез лікарських засобів. [6] На сьогодні потенціал та можливості донного методу цілком не розкриті, тому робота у галузі досліджень цієї ланки є досить актуальною.

ПОСТАНОВКА МЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є використання автоматизованої системи магнітотерапії (АСМ) в дослідження параметрів проникнення ФР в глибину біологічної тканини під впливом магнітного поля.

Процес проникнення потоку J_s лікарського засобу через шкіру в БТ проходить за законом Фіка з уточненням R. Tregear та залежить від дією енергії Φ магнітного поля характеризується математичною моделлю[7]:

$$J_s = \frac{K_m \cdot D_m}{-\frac{\tau}{t} \cdot \ln(1 - \exp(\frac{-\Phi \cdot F}{R \cdot (T(\tau))} \cdot \frac{u_k + u_{Na}}{u_k - u_{Na}}))} \cdot \Delta C_s \quad (1)$$

де J_s – потік надходження речовини ФП;

ΔC_s – показник різниці концентрації з обох боків мембрани;

K_m – значення розподілу речовини між розчинником і мембраною;

D_{mi} – величина константи дифузії для розчиненої речовини в вживаному мембранному шарі;

t – величина часу дифузії в мембрані (пропорціональна часу дії магнітного поля);

τ – стала часу відновлення мембрани;

Φ – потенціал енергії магнітного поля;

R – універсальна газова стала;

F – стала Фарадея;

u_{Na} і u_k – значення потенціалів концентрації іонів натрію і калію;

$T(\tau)$ – температура.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводилось на автоматизованій системі магнітотерапії з апаратом «МІТ-11» в складі експериментальної установки (рис.1) для встановлення взаємозв'язків параметрів проникнення лікарських засобів у БТ під дією енергії магнітного поля. Використовувались різні фармацевтичні засоби за молекулярним складом і структурою решітки - розчини йоду (І), переманганату калію ($KMnO_4$), брильянтової зелені ($C_{27}H_{34}N_2O_4S$)).

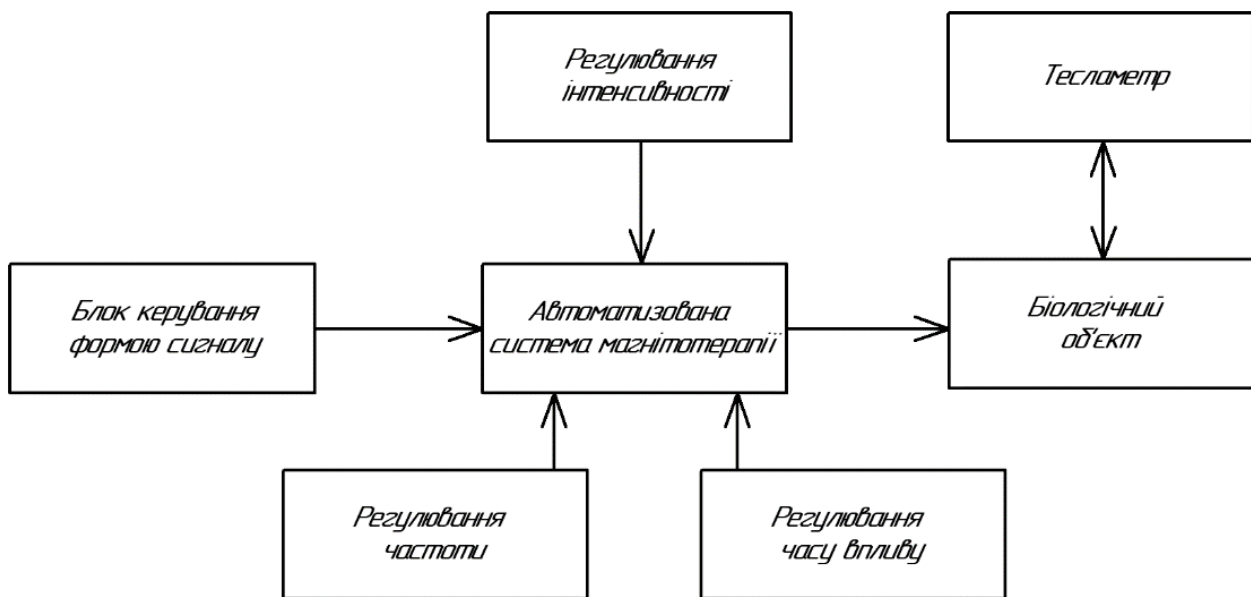


Рис.1. Структурна схема експериментальної установки

Дія змінного магнітного поля зі значеннями індукції 20 мТл та частотою 50 Гц впливала на поверхню БТ (сала), де знаходиться ФР. Значення магнітна індукція $B(t)$ виражається рівнянням:

$$B(t) = k_B \cdot I(t) + B_a + B_z \quad (2)$$

де k_B – стала індуктора по магнітній індукції,

$I(t)$ – значення струму,

B_a, B_z – значення магнітного поля апаратури та навколишнього середовища.

Тесламетром вимірюємо значення магнітної індукції, а інформацію щодо параметру глибини проникнення заміряємо цифровим штангенциркулем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі виконня замірів в експерименті була проведена оцінка ефективності дії змінного магнітного поля в 20 мТл на глибину проникнення лікарських засобів протягом 15 хвилин. Були отримані наступні результати:

- 1) при збільшенні терміну впливу змінним магнітним полем в 20 мТл – збільшується значення глибини проникнення ФР (рис.2);
- 2) найбільшу глибину проникнення розчини йоду (I) до 4 см та брильянтової зелені ($C_{27}H_{34}N_2O_4S$) до 3.5 см.
- 3) розрахунок теоретичної глибини проникнення h в біологічну тканину від значення індукції магнітного поля B виконаємо по емпіричній формулі

$$h = B \cdot t \cdot J_s \cdot \Delta C_s \cdot D_m / (R \cdot F \cdot \Delta u \cdot T(\tau)) \quad (3)$$

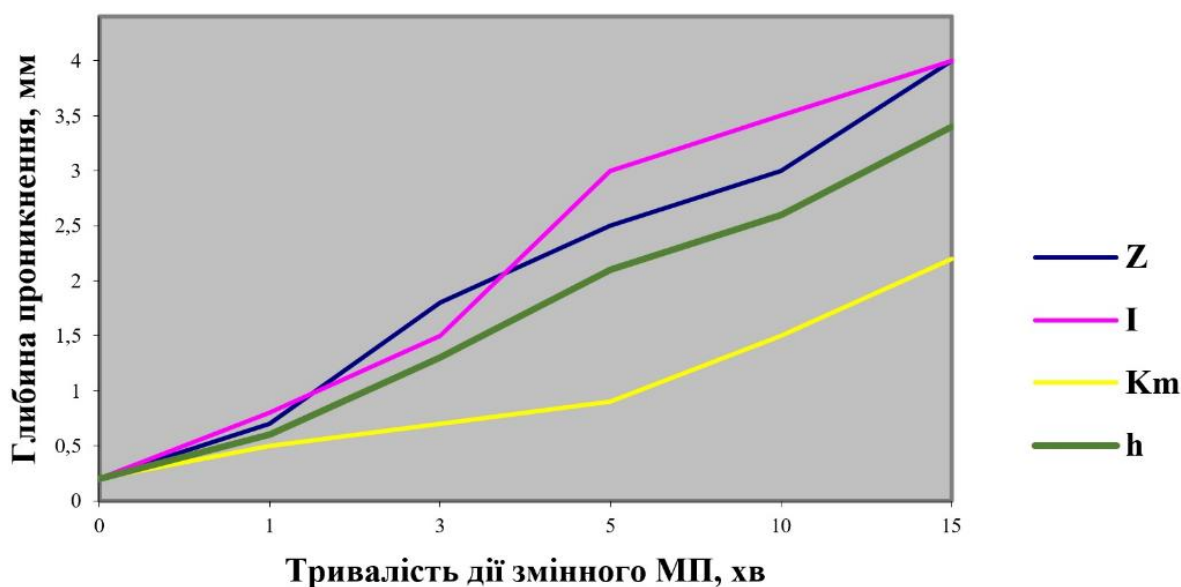


Рис.2. Залежність глибини проникнення ФР від тривалості дії змінного МП при 20 мТл

ВИСНОВКИ

Таким чином, експериментально була встановлена залежність глибини проникнення фармакологічної речовини від тривалості дії змінного МП. Збільшення часу дії та інтенсивності змінного МП призводить до збільшення глибини проникнення ФР. При цьому для досліджуваних сполук ФР швидкість зростання суттєво різниця. Розрахункова крива проникнення виконувалася по формулі (3) і відрізнявся від експерименту не більше чим на 14%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>
- [2] Рудик В.Ю., Терещенко М.Ф. Безконтактний тепловий контроль роботи магнітотерапевтичної апаратури // XI Міжнар. науково-техн. конф.

- “Приладобудування 2012: стан і перспективи”, 24—25 квітня 2012 р. — К.: НТУУ “КПІ”, 2012. — С. 185—194.
- [3] Тимчик Г. С. Система температурного контролю в магнітотерапії / Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, В. Ю. Рудик // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2013. – № 1. – С. 109 –116
- [4] Цапенко В.В. Исследование параметров влияния электрических сигналов на эффективность введения фармакологических препаратов в биологическую ткань / В.В. Цапенко, Н.Ф. Терещенко // Новые направления развития приборостроения. Материалы 9-й Международной научно_технической конференции молодых учёных и студентов в 2 томах, 20 – 22 апреля 2016 г., г. Минск, БНТУ. – 2016. – Том 1. – с.135.
- [5] A. Kyrylova and N. Tereshchenko, “Estimation of ultrasound influence on biological tissue”, in Proc. XIII Int. Ph.D. Workshop OWD 2011, Conference Archives PTETIS, Wisla, Poland, 2011, pp. 319—323.
- [6] Рудик В. Ю. Спосіб адаптивної магнітотерапії / В. Ю. Рудик, М. Ф. Терещенко, Т. О. Рудик // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Приладобудування. - 2016. - Вип. 51. - С. 138–143.
- [7] Tymchik G.S. The temperature method of control in a magnetotherapy / G.S. Tymchik, M.F. Tereshchenko, V.U. Rudyk // XIV PhD Workshop OWD 2012, Wisla. - P. 318 - 324.

Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.